

LTspice の使い方(中級)

v1.3 Aug.2015

【目的】

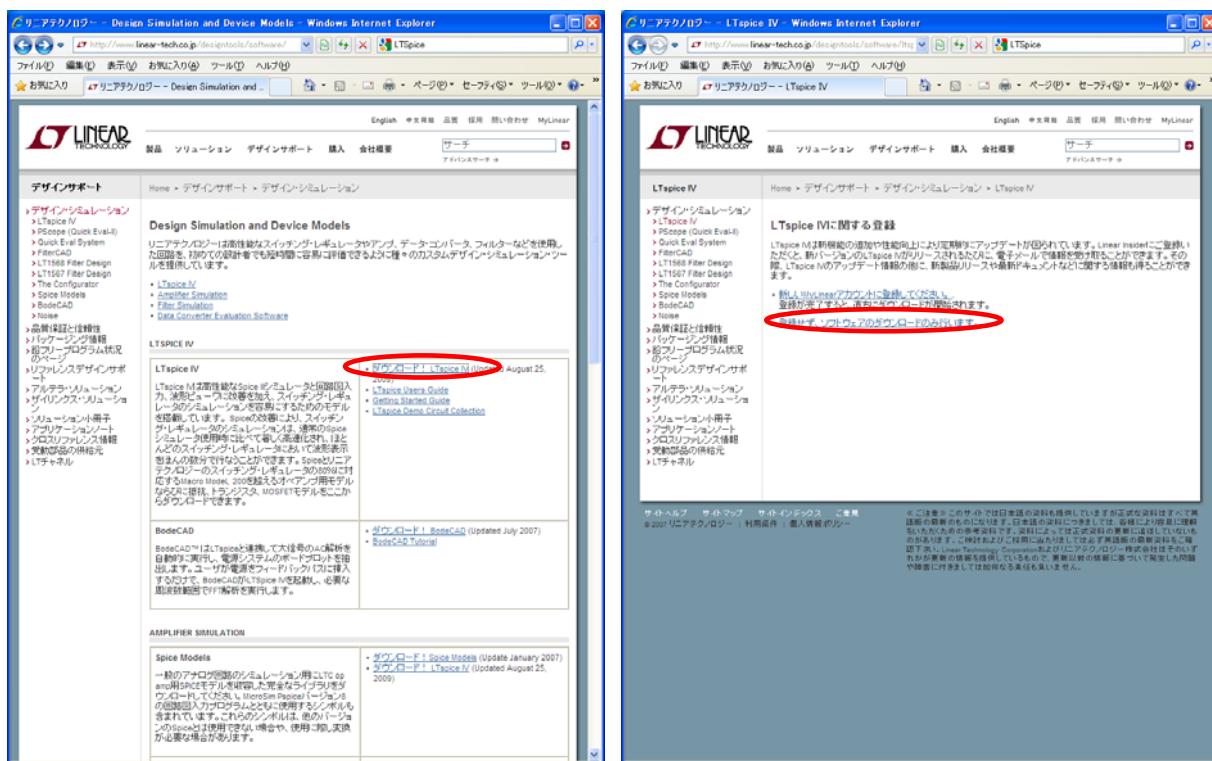
電子回路シミュレータ LTspice (無償・素子数制限なし)の使い方を習得する。

【インストール】

インターネットで“LTspice”で検索または、下記リニアテクノロジーホームページから **ダウンロード!** LTspice IV を選択する。

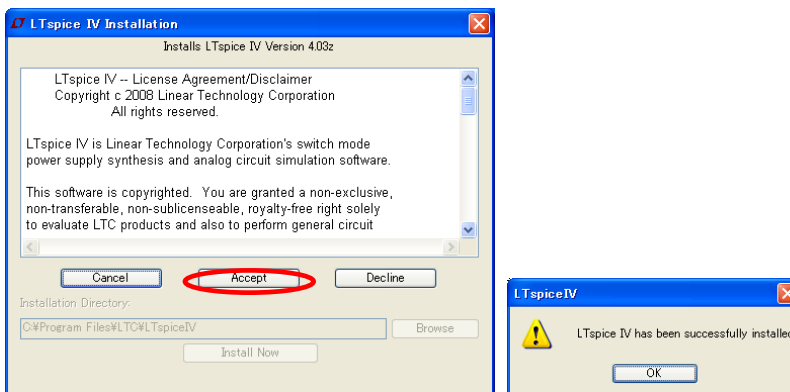
URL→ <http://www.linear-tech.co.jp/designtools/software/> (左図)

次に登録せず、ソフトウェアのダウンロードのみ行います。を選択する。(右図)



保存先を指定してダウンロードが完了したら、LTspiceIV.exe を実行する。

ライセンス条項で **Accept** を選択し(下図)、**Install Now** を選択する。途中表示されるインストール先はデフォルトでよい。インストール完了後に **OK** を選択すると(右図)、ブランクの LTspice IV が立ち上がる。

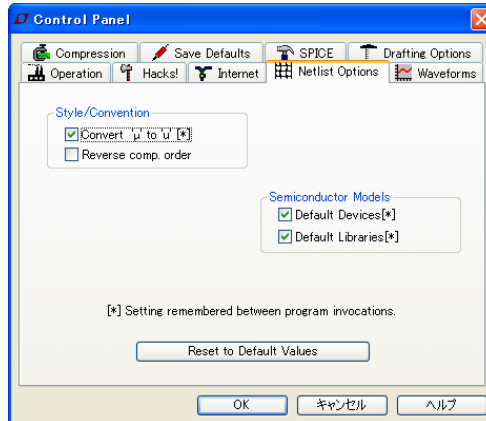


以上でインストールは完了。

【初期設定】

Tools → Control Panel → Netlist Options タブを選択する。

Convert 'μ' to 'u' [*] にチェックを入れる。(LTspice は日本語化されていないので μ (マイクロ) の表示が化ける)
最後に OK を押して設定保存する。

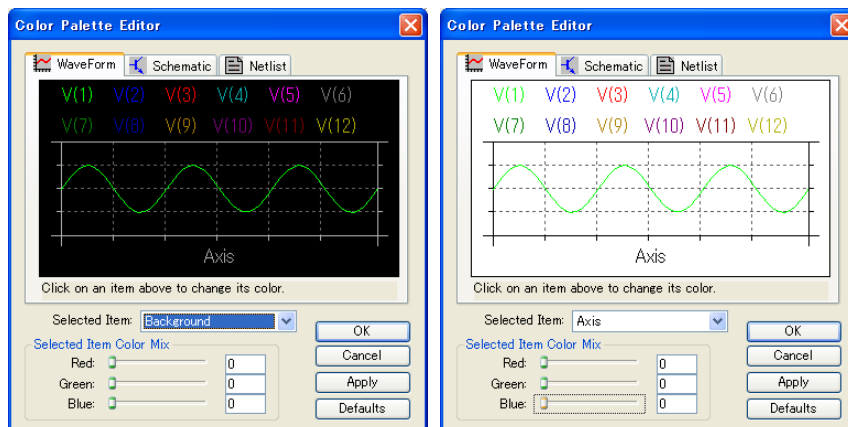


Tools → Color Preference を選択する。

WaveForm タブで黒色の背景部分をクリックして Selected Item Color Mix の RGB 値を すべて 255 にする。(背景が白になる)

WaveForm タブでグラフの軸(Axis)をクリックして Selected Item Color Mix の RGB 値を すべて 0 にする。(グラフ軸が黒になる)

最後に OK を押して設定保存する。

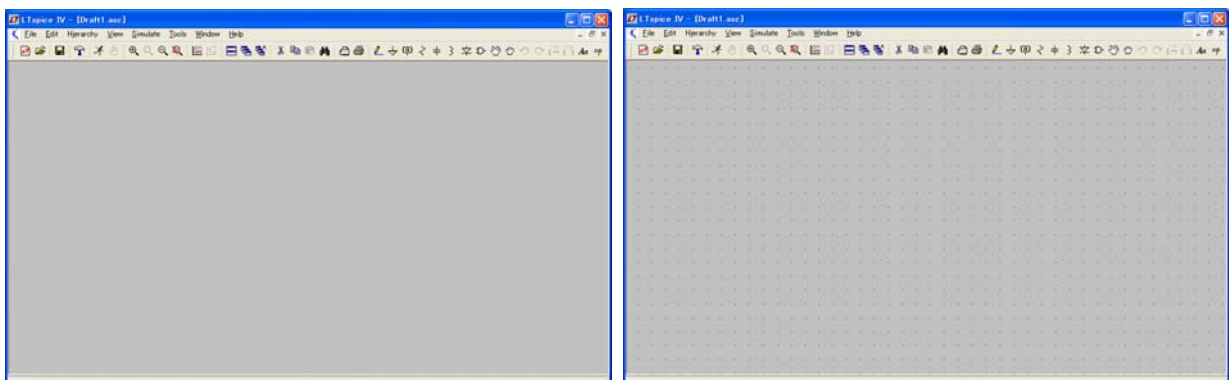


このようにした方が印刷時のインク使用量が少なくて済む。

【回路描画】

File → New Schematic を選択する。(左図)

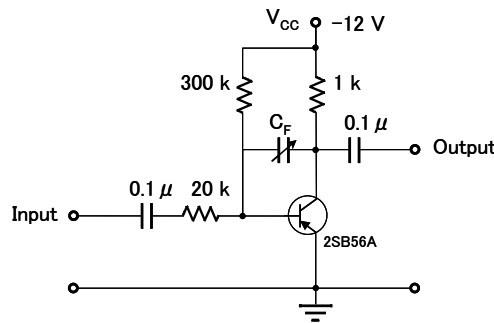
View → Show Grid にチェックを入れる。(右図)



グリッドが表示されていた方が描画しやすい

【例題】 次のミラー積分回路の時間波形と周波数特性を解析する。

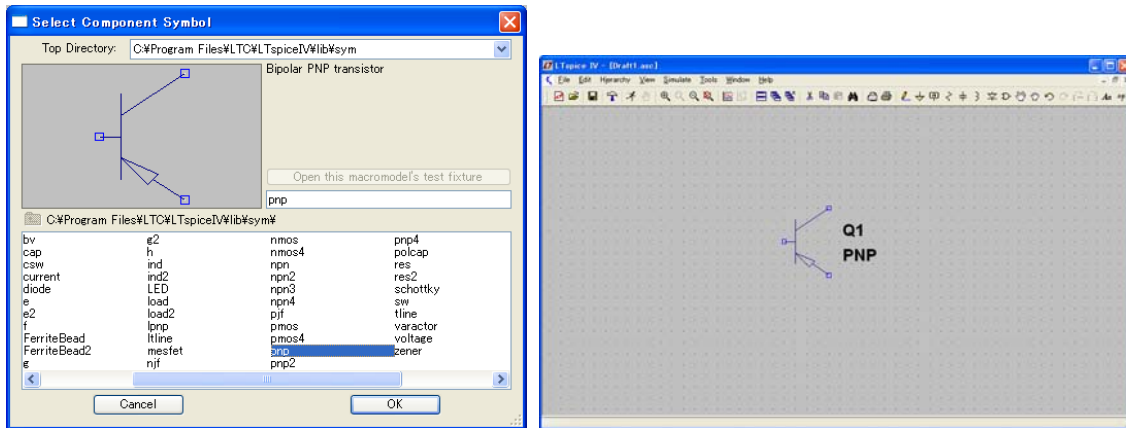
入力周波数 300 Hz (正弦波)、ピークピーク振幅 $V_{p-p}=8$ V、 $C_F=0.01 \mu$ F とする。(必要に応じてこれらの値を変える)



(a)ミラー積分回路

(トランジスタの配置)

Edit → Component → PNP を選択(または、ツールバーに表示されている AND 記号をクリックして PNP を選択)し(左図)、ワーキングスペース内で左クリックして PNP トランジスタを 1 つ配置する(右図)。トランジスタの配置モードを終了するために右クリックする。誤って複数のトランジスタを配置してしまった場合は、Edit → Delete を選択(または、はさみをクリック)して消したいトランジスタを切り取る。切り取りモードを終了するには右クリックする。



(表示縮尺の変更)

マウスのトラックボールをまわして(またはツールバーの虫眼鏡で)縮尺表示を適当な大きさに変換する。

(表示位置の変更)

Edit → Move を選択(または、ツールバーに表示されている大きい手のひらをクリック)する。移動させたい部品をドラッグして適当な位置で右クリックする。Move モードの終了は右クリックする。

(コンデンサの配置)

Edit → Capacitor を選択(または、ツールバーに表示されているコンデンサをクリック)する。デフォルトでは縦置きなので、Ctrl+R キーで 90° 回転させてから左クリックして配置する。配置モードの終了は右クリックする。

(抵抗の配置)

Edit → Resistor を選択(または、ツールバーに表示されている抵抗をクリック)する。デフォルトでは縦置きなので、Ctrl+R キーで 90° 回転させてから左クリックして配置する。配置モードの終了は右クリックする。

(電源の配置)

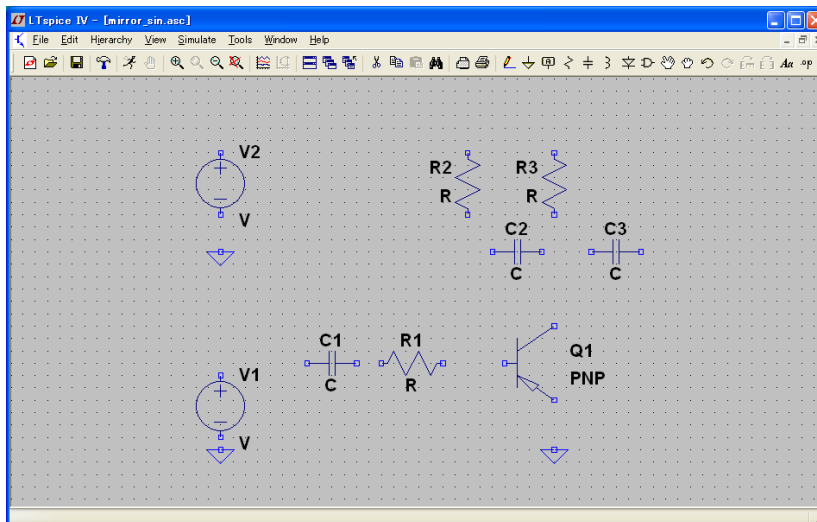
Edit → Component → Voltage を選択(または、ツールバーに表示されている AND 記号をクリックして Voltage を選択)する。配置モードの終了は右クリックする。

(グラウンドの配置)

Edit → Place GND を選択(または、ツールバーに表示されている▽記号をクリック)する。左クリックして電源の下に1つずつトランジスタのエミタの下に1つの合計3つ配置する。(バイアス電源 V2 の下にもグラウンドを配置することを忘れずに!)配置モードの終了は右クリックする。

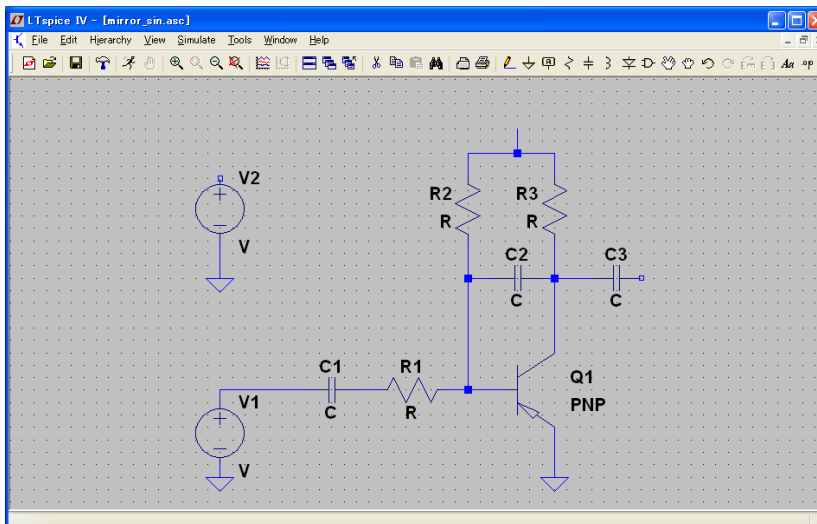
(部品配置の再調整)

Edit → Drag を選択(または、ツールバーに表示されている小さい手のひらをクリック)する。移動させたい部品を左クリックしておおよそ下図のようなレイアウトになるように再配置する。配置モードの終了は右クリックする。



(ワイヤ配線)

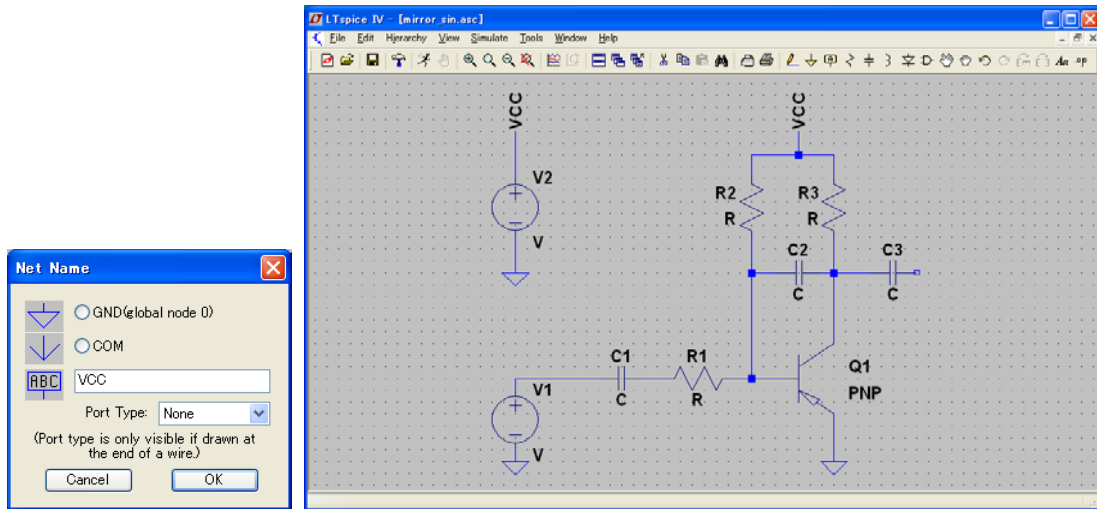
Edit → Draw Wire を選択(または、ツールバーに表示されている鉛筆をクリック)する。下図のように接続したい部品どうしを左クリックしてワイヤ接続する。配置モードの終了は右クリックする。2本以上のワイヤが交差かつ導通しているときは、青い■マークが表示される。(バイアス電源 V2 と R2-R3 の接続は次で説明する)



(ラベルの貼り付け)

バイアス電源 V2 と R2-R3 をワイヤ接続してしまうと回路図が見にくくなるので次に示すラベル機能を使用する。

Edit → Label Net を選択(または、ツールバーに表示されている **A** をクリック)する。左下図のように **ABC** に "VCC" と入力して OK をクリックする。そして右下図のように VCC を 2 つ配置する。これで電源 V2 と R2-R3 はワイヤ接続されているのと同じ。



以上で回路描画は完了。

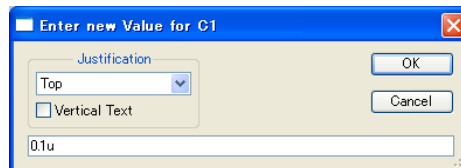
【回路パラメータの入力】

(素子値の入力)

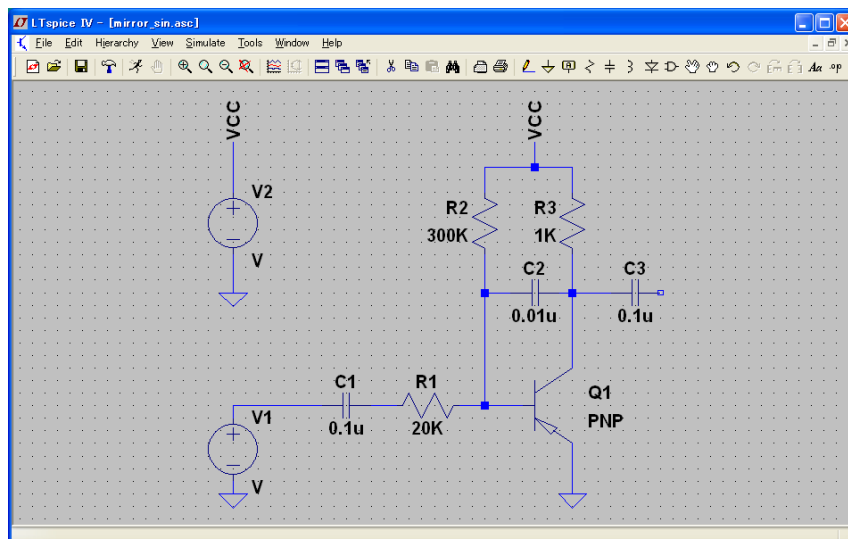
コンデンサ C1 の下にある **C** を右クリックすると下図のような入力 Window が表示されるので、 $0.1 \mu\text{F}$ を示す **0.1u** を入力して OK をクリックする。同様にその他のすべての素子値を入力する。(下一覧に示すように SI 接頭語のうち、"メガ" だけは"ミリ" と区別するために 3 文字で書く。K は小文字の k でも可)

T(テラ) : 10^{12} G(ギガ) : 10^9 Meg(メガ) : 10^6 K(キロ) : 10^3

M(ミリ) : 10^{-3} u(マイクロ) : 10^{-6} n(ナノ) : 10^{-9} p(ピコ) : 10^{-12}

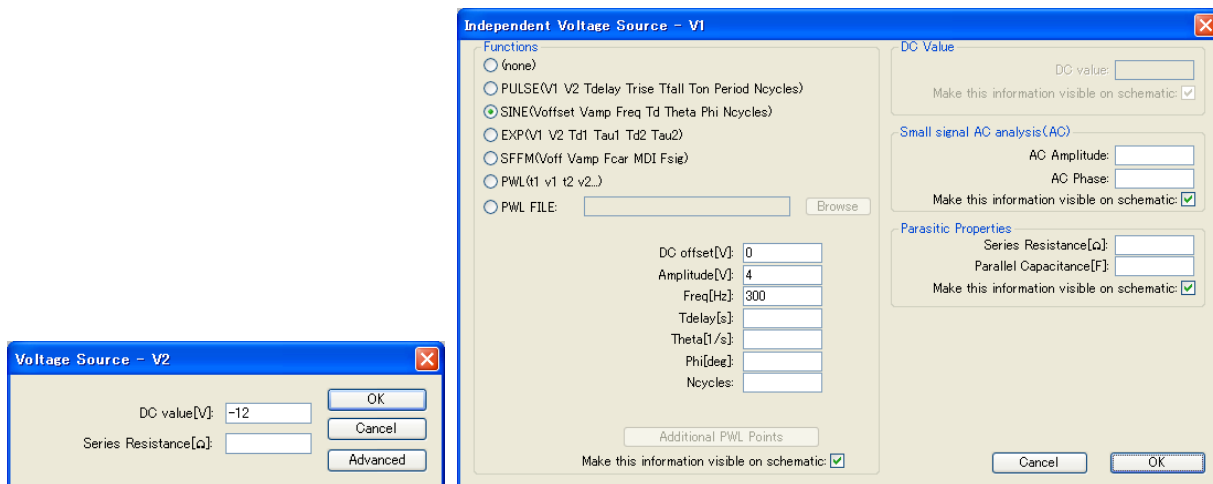


ここまで完了すると下図のような回路図ができる。

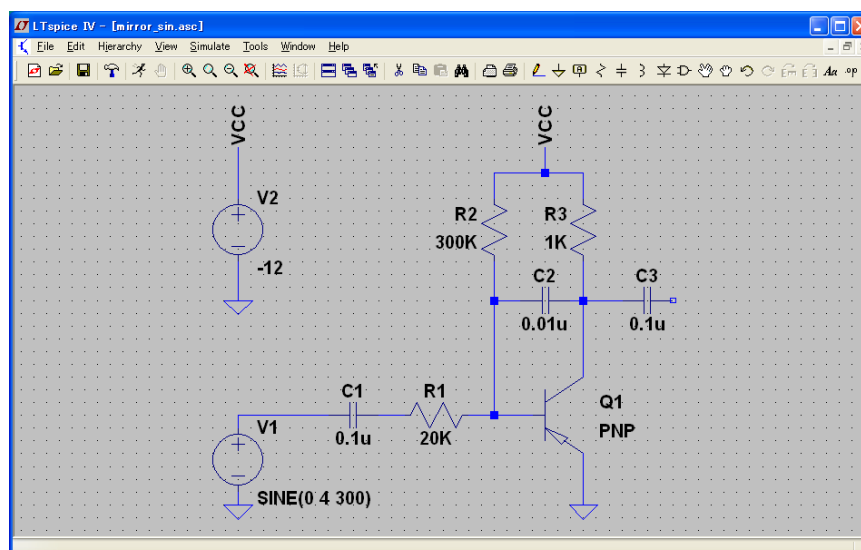


(電源パラメータの入力)

バイアス電源 V2 の土を右クリック(カーソルが手になる)すると左下図のような Window が表示されるので、DC value[V]に -12 と入力して OK をクリックする。同様に正弦波入力電源 V1 の土を右クリックして Window 表示させたら、今度は単純な DC 電源ではないので Advanced をクリックする。右下図の Window で SINE を選択し、DC offset[V] 0、Amplitude[V] 4 (振幅 $V_{p-p}=8$ V の正弦波に等しい)、Freq[Hz] 300 と入力する。その他は使わないので空白でよい。



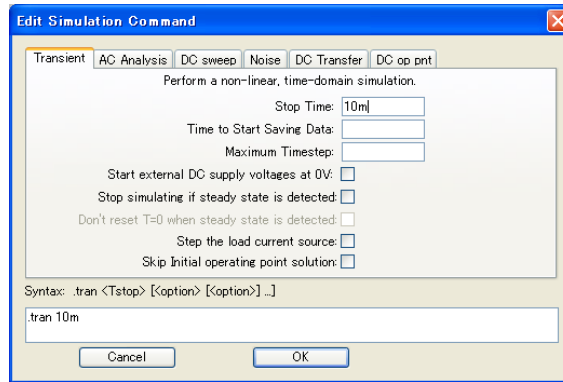
ここまで完了すると下図のような回路ができる。以上ですべての準備は完了。



【シミュレーション実行】

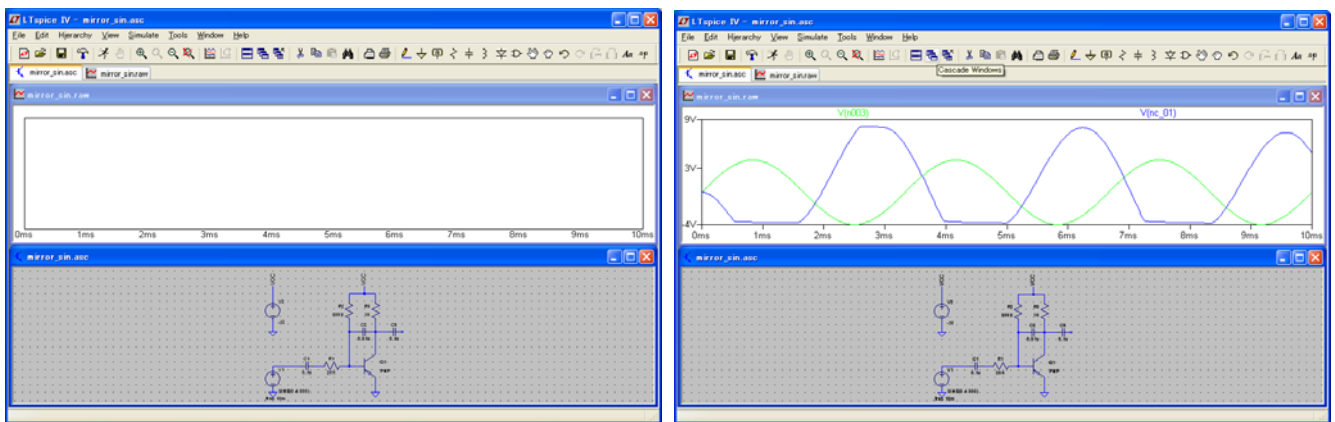
(正弦波時間応答)

Simulate → Run を選択(または、ツールバーに表示されている 走る記号 をクリック)する。Transient タブ で時刻 0 から何秒後までの過渡状態を計算するかを決める Stop Time に仮に 10m (周波数 300Hz=周期 3.3ms なので約 3 周期分を表示させるために 10ms にする。必要に応じてこの値は変える) と入力して OK をクリックする。



下図のようにブランクの時間領域グラフが表示されるので、回路図上で波形を見たい点をクリック(カーソルがプローブに変わる)して表示させる。例えば、V1 と C1 の間の配線(入力電圧)と C3 の後段(出力電圧)をクリックすると右下図のような波形が表示される。

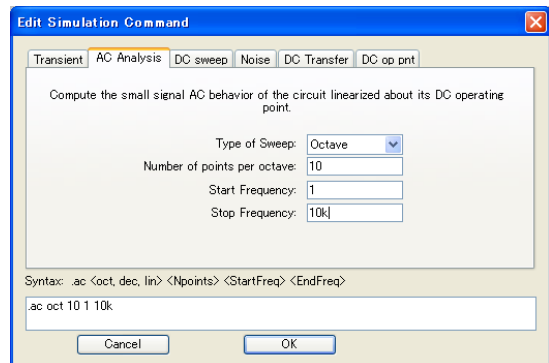
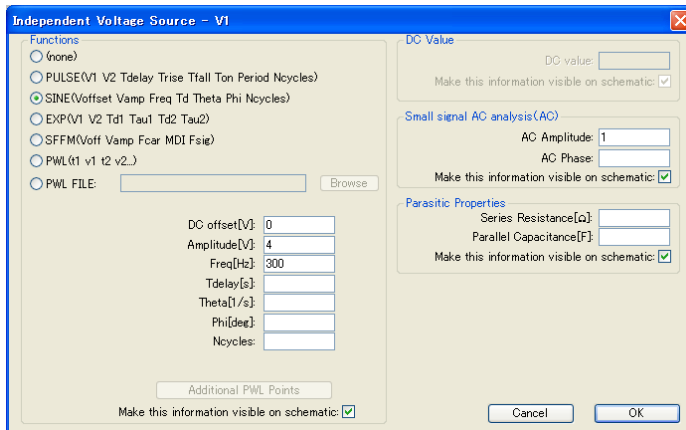
後から解析時間範囲を変えたいときは **Simulate** → **Edit Simulation Cmd** の **Transient タブ** で **Stop time** を変更する。



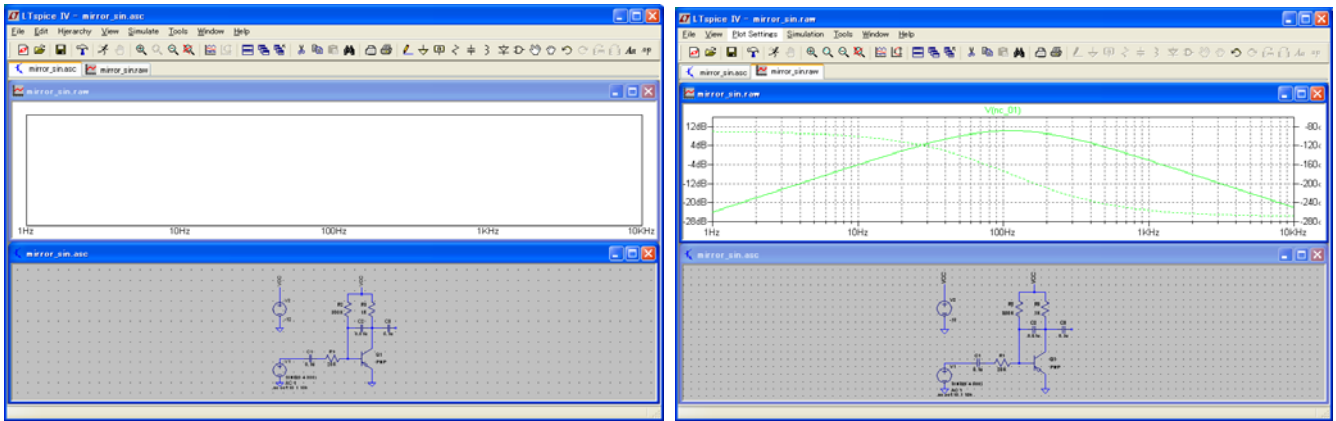
グラフ内で右クリックして、Grid にチェックすればグリッド線が表示される。

(周波数応答)

周波数特性を見たいときは、まず回路図上の **.tran 10m** をはさみで消す。次に入力電源 V1 の **±** を右クリック(カーソルが手になる)して、下図のように **AC Amplitude:** に **1** を入力して **OK** をクリックする。そして **Simulate** → **Run** を選択(または、ツールバーに表示されている走る記号をクリック)する。今度は右下図で **AC Analysis** タブを選択し **Octave**(対数軸表示), **10**(計算ポイント数), **1**(Start Frequency), **10k**(Stop Frequency)と入力して **OK** をクリックする。後から解析周波数範囲を変えたいときは **Simulate** → **Edit Simulation Cmd** の **AC Analysis タブ** を変更する。



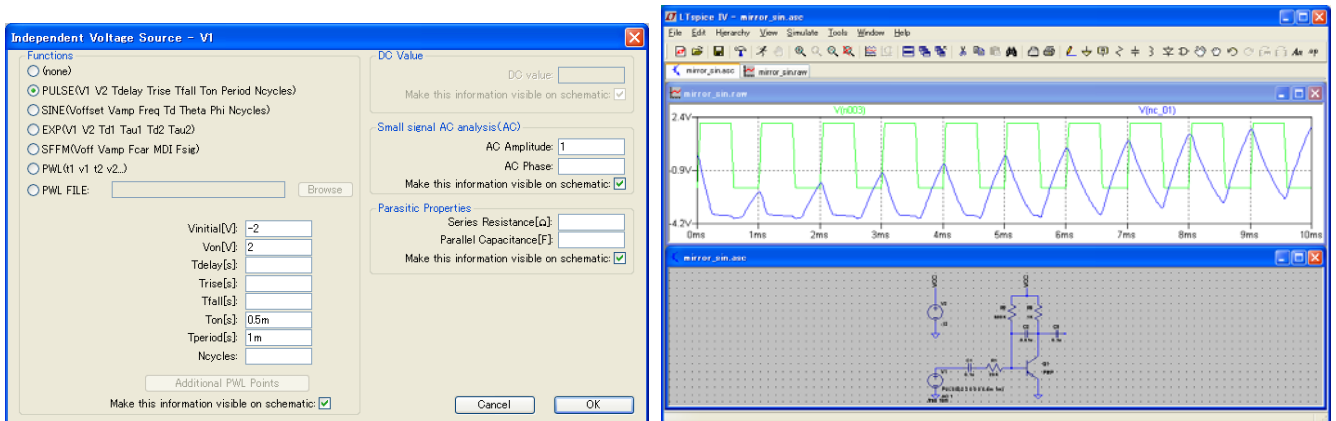
下図のようにブランクの周波数領域グラフが表示されるので、回路図上で波形を見たい点をクリック(カーソルがプローブに変わる)して表示させる。例えば、C3 の後段(出力電圧)をクリックすると右下図のような特性が表示される。実線が利得、破線が位相特性である。グラフ内で右クリックして、Grid にチェックすればグリッド線が表示される。



(パルス時間応答)

入力パルス周波数 $f=1$ kHz、振幅 $V_{p-p}=4$ V のパルス波とする。(必要に応じてこれらの値を変える)

パルス入力応答を見たいときは、まず回路図上の `.tran 10m` または `.ac oct 10 1 10k` をはさみで消す。次に入力電源 V1 の土を右クリック(カーソルが手になる)して、下図のように ($V_{p-p}=4$ V、パルス周波数 1 kHz の場合なら) `Vinitial[V]: -2`, `Von[V]: 2`, `Ton[s]: 0.5m`, `Tperiod[s]: 1m` と入力して OK をクリックする。そして `Simulate` → `Run` を選択(または、ツールバーに表示されている 走る記号をクリック)する。Transient タブで `Stop Time: 10m` (パルス周波数 1 kHz = 周期 1ms なので 10 周期分表示させる場合。必要に応じてこの値を変える) と入力して OK をクリックする。例えば、V1 と C1 の間の配線(入力電圧)と C3 の後段(出力電圧)をクリックすると右図のような波形が表示される。



詳しい使い方を知りたいときは参考文献を見て下さい。

【参考文献】

- [1] 神崎「電子回路シミュレータ LTspice 入門編」pp.1-74, CQ 出版社